



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

ULB

## Neue Gedanken zur Drucktechnik

Scheuter, Karl R.; Wolf, Klaus

(1971)

DOI (TUprints): <https://doi.org/10.25534/tuprints-00014155>

License:



CC-BY 4.0 International - Creative Commons, Attribution

Publication type: Article

Division: 16 Department of Mechanical Engineering

16 Department of Mechanical Engineering

Original source: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/14155>

---

## Neue Gedanken zur Drucktechnik



Jedes Druckverfahren (Hochdruck, Tiefdruck, Offsetdruck usw.) besteht aus einer Reihe von Einzelprozessen, die sinnvoll zusammengestellt und sinnvoll betrieben, von der Vorlage zum Druckprodukt führen. Gegenstand sowohl der Entwicklung als auch der Forschung waren vorwiegend diese Einzelprozesse. Eine zusammenfassende Betrachtungsweise der Gesamtheit der Einzelprozesse hat sich bisher nicht durchgesetzt. Erste Anfänge dazu liegen z. B. in Form der Goldberg-Diagramme seit längerem vor, sind jedoch wenig aussagefähig bezüglich des Gesamtprozesses.

Erinnert man sich daran, daß Sinn und Zweck jedes Druckverfahrens darin besteht, Informationen zu verbreiten, so liegt der Gedanke nahe, alle Prozesse, die zu einem Verfahren gehören, insgesamt als einen Prozeß der Informationsübertragung zu betrachten. Die vor rund dreißig Jahren entstandene und inzwischen ausgebaute Informationstheorie bietet viele Handhaben, um auch die Drucktechnik mit ihren Mitteln zu behandeln.

### 1. Die Druckverfahren als Teil eines Kommunikations-Systemes

Der Begriff der Information im allgemeinen Sprachgebrauch ist vieldeutig. Er umfaßt nicht nur die Nachricht als Inhalt, sondern auch die Beziehungen zwischen den zur Übertragung der Nachricht notwendigen Zeichen und den daraus gebildeten Signalen. Wir beschränken uns bei den folgenden Betrachtungen ausschließlich auf die Zusammenhänge, die bei der Übermittlung von Informationen in Form der in der Drucktechnik üblichen Zeichen und Signale auftreten. Wir vernachlässigen insbesondere die Fragen nach den Beziehungen zwischen den Zeichen und Signalen und dem Bezeichneten — also dem Inhalt der Nachricht — und den Beziehungen zwischen den Zeichen und Signalen und dem Zeichenempfänger bzw. dem Zeichensender. Mit diesen Fragen befassen sich im speziellen die Semantik und die Pragmatik im Rahmen der Kybernetik.

Schließt man die Telepathie als Mittel der Nachrichtenübertragung aus, so muß die Information in eine für die Übertragung geeignete Form gebracht, also codiert werden. Erst diese Codierung ermöglicht die Nachrichtenübertragung mit physikalischen Mitteln. Solche Mittel sind z. B. Schallwellen bei der Übertragung von Mensch zu Mensch, oder elektrische Signale beim Fernschreiber. Bei komplizierten Übertragungsprozessen, wie sie die Druckverfahren darstellen, muß der Code mehrfach gewechselt werden. Beim Übergang von einer codierten Form zu einer anderen ist immer eine eindeutige Zuordnung erforderlich. Es müssen zwischen den beiden Codierungen also quantitative Beziehungen bestehen. Deren Untersuchung bildet die eigentliche Aufgabe der Informationstheorie.

Die eben angeführten Zusammenhänge sind in *Abbildung 1* noch einmal dargestellt. Nachrichten laufen von einem Nachrichtensender zu einem Nachrichtenempfänger. Beide interessiert der Inhalt der Nachricht. Der Sender muß zur Übertragung die Nachricht codieren, also in eine naturwissenschaftlich definierte Form bringen. Der Nachrichtenempfänger selbst muß dann die Information wieder decodieren, damit er von der Form zum Inhalt gelangt. Zur Übertragung der codierten Information wird ein Kanal benötigt, in unserem Falle ein Druckverfahren. Kennzeichen dieses speziellen Kanals sind die codierten Nachrichten in Form von Manuskripten und Bildern an seinem Eingang und die daraus entstandenen Druckprodukte am Ausgang. Erst die Analyse des Kanals, d. h. seine systematische Unterteilung in Kanalelemente gibt über das Geschehen im Druckverfahren Auskunft.

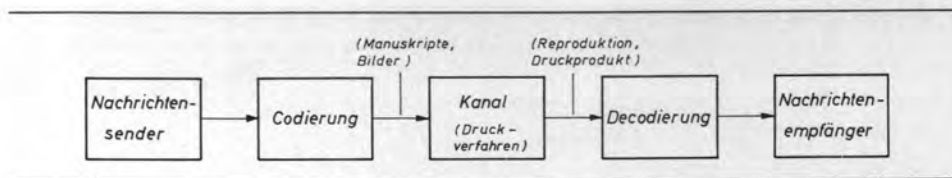


Abbildung 1  
Schema einer  
Nachrichtenübertragung

## 2. Der Kanal und seine Elemente

Für den einfachen Fall der Reproduktion eines Manuskriptes ist in *Abbildung 2* die Kanalanalyse durchgeführt. Es zeigt sich, daß dieses einfache Verfahren durch drei Kanalelemente dargestellt werden kann, wobei das Setzen das erste Element ergibt, das Einfärben der Druckform und schließlich die Farbübertragung auf den Bedruckstoff die beiden restlichen. Bei näherer Betrachtung stellen wir fest, daß jedes Kanalelement dadurch gekennzeichnet ist, daß in ihm die Information von einem Träger auf einen neuen Träger übergeht. Im Manuskript liegt die Information z. B. in der auf dem Papier fixierten Schreibmaschinenschrift und wird vom Setzer auf den Bleisatz übertragen, der als neuer Träger eingeführt wird. Im zweiten Kanalelement geht die Information von der Druckschrift an die Druckfarbe über, die ihrerseits neu in das Kanalelement eingeführt werden muß. Im dritten Kanalelement muß der Bedruckstoff eingeführt werden, an welchen schließlich die Information durch die Farbübertragung übergeben wird. In diesem Beispiel zeigt sich, daß die neu eingeführten Träger in ihrer Gewichtigkeit ungleich sind, und daß die Träger während des Prozesses ihre Bedeutung ändern können. Nach dem Setzvorgang ist die Druckschrift alleiniger Träger der Information. Solche Träger werden als aktive Träger erster Ordnung bezeichnet. Nach dem Einfärben enthält die Druckschrift die Information natürlich nach wie vor. Für deren Weiterleitung ist jedoch nur die auf der Druckschrift liegende Farbschicht geeignet. Diese ist jetzt aktiver Träger erster Ordnung, während die Schrift zu einem aktiven Träger zweiter Ordnung geworden ist. Beim Bedruckstoff liegen die Dinge noch einmal anders, weil er selbst die Information nicht direkt übernimmt, sondern nur als Träger der Farbschicht dient. Diese selbst bleibt aktiver Träger, dem der Bedruckstoff als passiver Träger dient.

Für die technische Gestalt des Kanalelementes ist die Verschiedenheit des Aufbaues der Träger von ausschlaggebender Bedeutung. Es zeigt sich bei genauerer Betrachtung, daß es unter allen denkbaren Kanalelementen, bei denen ein Trägerwechsel stattfindet, einige gibt, die besondere Vorteile nicht nur hinsichtlich der in ihnen liegenden technischen Möglichkeiten, sondern auch hinsichtlich der raschen Informationsübertragung aufweisen. Das Setzen und die Farbübertragung, also der eigentliche Druckvorgang, entsprechen solch bevorzugten Kanalelementen, während die Einfärbung des Satzes einem Kanalelement mit ungünstigerem Aufbau entspricht. Wir schließen aus diesem Einzelfall mit Recht, daß ein Druckverfahren nicht ohne weiteres nur unter Verwendung bevorzugter Kanalelemente entwickelt werden kann, sondern daß aus Gründen der technischen Realisierungsmöglichkeiten gelegentlich auch nicht bevorzugte Kanalelemente benutzt werden müssen.

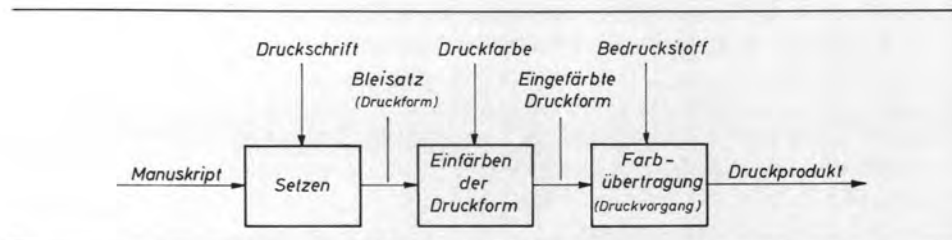
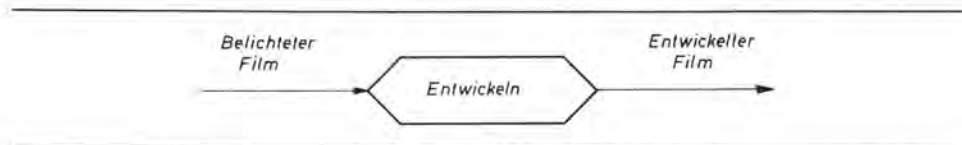


Abbildung 2  
Drucktechnische  
Reproduktion von  
Textvorlagen

Analysiert man kompliziertere Prozesse, z. B. photographische Prozesse, die in der Reproduktionstechnik eine wichtige Rolle spielen, so stellt man fest, daß eine zweite Art Kanalelemente existiert. Sie sind dadurch gekennzeichnet, daß die Träger selbst nicht wechseln, daß aber auch chemische oder physikalische Änderungen im Träger auftreten. Ein Beispiel, in *Abbildung 3* dargestellt, ist der Entwicklungsprozeß eines belichteten Filmes, bei dem die Information vom latenten in den sichtbaren Zustand übergeht, ohne daß der Träger gewechselt wird. Es wird denn auch kein neuer Träger in das Kanalelement eingeführt.

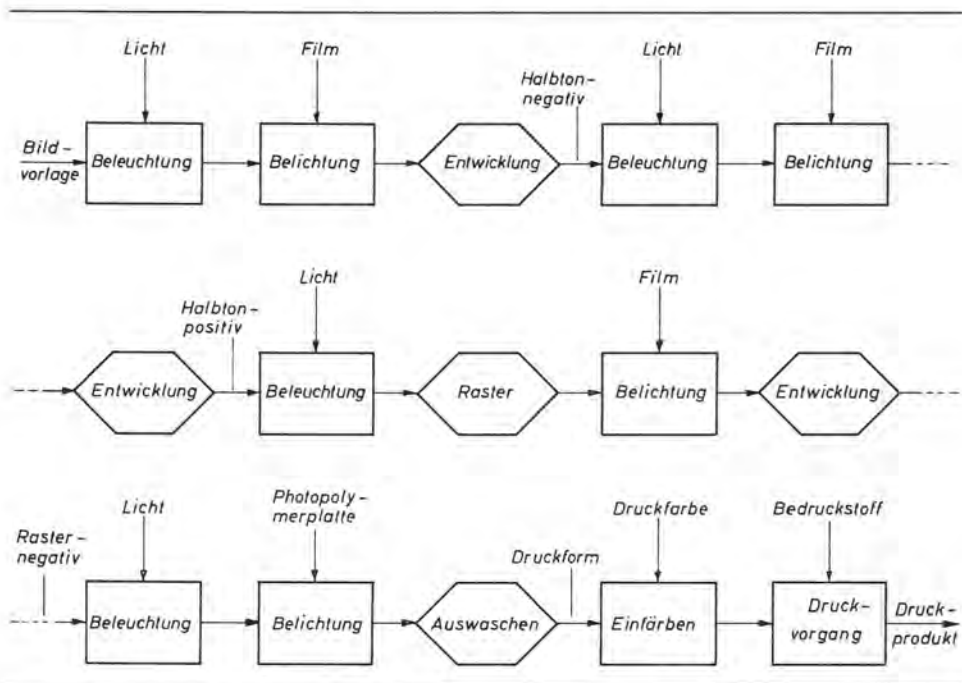
Abbildung 3  
Kanalelement ohne  
Trägerwechsel



### 3. Informationsverfälschung und Korrektur

Beiden Arten von Kanalelementen ist gemein, daß hier mit der Information etwas geschieht. Dieses Geschehen ist gekennzeichnet durch eine Übertragungsfunktion, die im Idealfall eine eindeutige Beziehung zwischen dem Eingang und dem Ausgang des Kanalelements herstellt. In Wirklichkeit treten stets Abweichungen von der idealen Funktion auf, die teilweise durch Störungen bedingt sind, teilweise jedoch auch dadurch, daß ein gegebenes Verfahren von Natur aus gar nicht geeignet ist, die ihm gestellte Aufgabe fehlerfrei zu lösen. Die Kanalelemente kennzeichnen deshalb jene Stellen des Verfahrens, bei denen Verfälschungen der Information auftreten können. Betrachten wir den in *Abbildung 2* dargestellten Druckprozeß, der vom Manuskript zum Druckprodukt führt, dann dürfen wir sicher annehmen, daß die Fehlermöglichkeit in diesen Prozessen gering ist. Beim Setzen können wohl Druckfehler entstehen und das Einfärben der Druckform kann unregelmäßig sein, so daß schließlich im Druckprodukt nicht alle Buchstaben gleichmäßig schwarz erscheinen. Wir sprechen dann

Abbildung 4  
Drucktechnische  
Reproduktion eines  
Schwarz-Weiß-Bildes



zwar von einer minderen Qualität des Druckproduktes. Der Nachrichteninhalt selbst wird jedoch durch solche Mängel selten in einem größeren Maß verfälscht. Ganz anders liegen die Dinge bei komplexen Verfahren, wie sie für die Reproduktion von Bildern, besonders mehrfarbiger, benutzt werden. In *Abbildung 4* ist für den einfachen Fall der Reproduktion eines Schwarz-Weiß-Bildes die Systemanalyse des Kanals unter Annahme idealer Verhältnisse durchgeführt. Die Zahl der Kanalelemente ist von drei auf 15 angestiegen. Das Verfahren ist also erheblich komplizierter geworden.

Für die Herstellung mehrfarbiger Reproduktionen benötigt man, entsprechend dem ersten Grassmannschen Gesetz, mindestens drei Grundfarben. Dementsprechend sind auch drei Druckformen notwendig, die analog zum vorher beschriebenen Prozeß hergestellt werden. Jede dieser Druckformen trägt ihren Anteil an Grundfarbe zum Bild bei. Um diesen Anteil festzustellen, benutzt man Filter, deren Transparenz den Gegenfarben der Grundfarben entspricht. Das Verfahren ist in *Abbildung 5* für den Fall, daß zur Verbesserung der Bildwirkung Schwarz mitgedruckt wird, dargestellt. Unter der Voraussetzung idealer Verhältnisse, also z. B. von Druckfarben, die Idealfarben sind und von Filtern, die eine entsprechende Transparenz aufweisen usw., ist es leicht möglich, den Gesamtprozeß mathematisch zu überprüfen. Es zeigt sich dabei, daß selbst unter günstigsten Voraussetzungen das Verfahren nicht zwangsläufig zum Ziel führt, d. h. daß Farbtonverfälschungen auftreten, die störend wirken. Grundsätzlich ergeben sich nämlich schon Farbtonfehler wegen der Tatsache, daß mit drei Grundfarben nur ein beschränkter Farbraum reproduziert werden kann. Alle Farben der Vorlage, die außerhalb dieses Raumes liegen, werden falsch reproduziert. Gleichzeitig stellt man aber auch fest, daß Farben, die innerhalb des reprodizierbaren Farbraumes liegen, Tonwertverfälschungen erleiden. Da Druckfarben keine Idealfarben sind, sondern Körperfarben, die bezüglich Remission und Transparenz erheblich von jenen abweichen, müssen wir noch zusätzliche Fehler erwarten. Soll das Druckergebnis trotzdem brauchbar sein, dann müssen durch äußere Eingriffe Korrekturen vorgenommen werden. Von alters her benutzt man dazu die Retusche, heute zusätzlich auch die photomechanische Maskierung. Ohne auf die Bedeutung und die gegenseitigen Beziehungen dieser beiden Korrekturmethode einzugehen, muß festgestellt werden, daß sie nur anwendbar sind, wenn im Prozeß auftretende Fehler erkannt und beurteilt werden können. Dazu ist auch heute noch der menschliche Intellekt notwendig. Dies gilt auch dann, wenn ein Teil der photomechanischen Prozesse durch elektronische ersetzt werden, wenn also Farbscanner eingesetzt werden, deren Übertragungsfunktionen wählbar sind. *Abbildung 6* versucht für den Fall des Tiefdruckes, bei dem Druckformkorrekturen

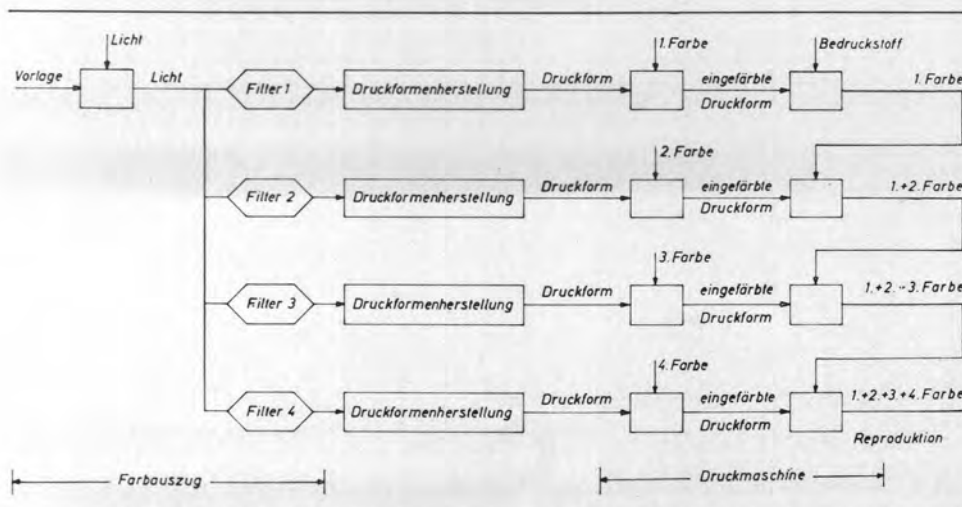
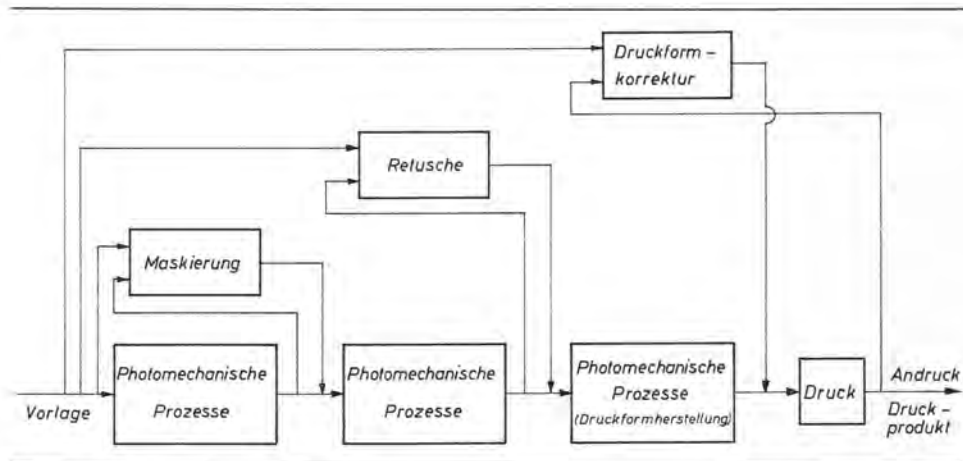


Abbildung 5  
Drucktechnische  
Reproduktion eines bunten  
Bildes im Vierfarbendruck  
(Aus K. Wolf, Beitrag zur  
Systemtheorie der  
Druckverfahren, 1970,  
Diss. TH Darmstadt)



möglich sind, die komplexen Zusammenhänge in vereinfachter Form darzustellen. Es zeigt sich dabei, daß die Korrekturprozesse selbst auch Informationsübertragungsprozesse sind. Die Darstellung läßt aber auch die Schwierigkeiten ahnen, die dem Ersatz des menschlichen Intellekts bei der Automatisierung des Verfahrens entgegen stehen. Der Verzicht auf die Druckformkorrektur und die Retusche führt zwar in vielen Bereichen auf qualitativ ausreichende Ergebnisse. Dort jedoch, wo höchste Qualität der Reproduktion verlangt wird, sind Retusche und Druckformkorrektur nicht zu umgehen. Die Druckverfahren wurden bisher als Prozesse der Informationsübertragung bezeichnet. Unter diesem Begriff faßt der Informationstheoretiker alle Prozesse zusammen, bei denen am Prozeßausgang und am Prozeßeingang sich eindeutig zugeordnete Signale befinden. Diese Zuordnung ist besonders beim Mehrfarbendruck nicht mehr in jedem Fall gegeben. Kein Beobachter kann feststellen, ob ein Farbreiz, der von einem beliebigen Punkt einer Reproduktion ausgeht, durch den ursprünglichen Prozeß allein entstanden ist, oder durch Überlagerung einer Korrektur. Der Informationstheoretiker spricht dann von einem Prozeß der Informationsverarbeitung. Übertrieben ausgedrückt sind die Druckverfahren in ihrem Prozeßablauf eher mit einem Computer als mit einem Fernschreiber zu vergleichen.

Abbildung 6  
Informationsfluß bei  
Prozeßkorrekturen



#### 4. Der Informationsgehalt von Vorlage und Druckprodukt

Für die bisherigen Überlegungen hat die begriffliche Fassung der Information als eine naturwissenschaftlich definierte Nachricht ausgereicht. Will man in den Gedankengängen jedoch weitergehen, dann muß der Begriff der Information bzw. des Informationsgehaltes auch quantitativ definiert werden. C. E. Shannon hat 1949 diese Definition aufgestellt. Er ging davon aus, daß einem bestimmten Ereignis  $x_i$  eine Wahrscheinlichkeit  $p(x_i)$  für sein Auftreten zugeordnet werden kann. Für die Definition der Information ist die reziproke Wahrscheinlichkeit als ein Maß für die Seltenheit des Ereignisses bedeutungsvoll, denn je seltener ein Ereignis auftritt, um so höher ist sein Informationswert. Die Shannon'sche Definition der Information lautet

$$I(x_i) = \text{ld} \frac{1}{p(x_i)} = -\text{ld} p(x_i) \quad (1)$$

Darin ist  $\text{ld} p(x_i)$  gleich dem Logarithmus von  $p(x_i)$  zur Basis 2.

Die Information ist physikalisch gesehen eine dimensionslose Zahl, die mit der Einheit der Information »bit« gekennzeichnet wird. Diese entsteht dann, wenn ein Ereignis mit gleicher Wahrscheinlichkeit auftreten kann oder nicht (Ja-Nein-Entscheidung), also  $p(x_i) = 1/2$  ist. Eingesetzt in die Definitionsgleichung der Information ergibt sich dann sofort  $I(x_i) = 1$  [bit].

Treten mehrere, nämlich  $n$  Ereignisse auf, dann ist die Information des Einzelereignisses für die Gesamtheit der Ereignisse nicht mehr allein maßgeblich. Nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitstheorie erhält man den Erwartungswert  $H(x)$ , der den mittleren Informationsgehalt pro Ereignis  $x_i$  bestimmt, indem die mit der Wahrscheinlichkeit  $p(x_i)$  ihres Auftretens gewichteten Informationen  $I(x_i)$  einfach summiert werden. Es ergibt sich dann

$$\begin{aligned} H(x) &= \sum_{i=1}^n p(x_i) \cdot I(x_i) \\ &= - \sum_{i=1}^n p(x_i) \cdot \lg p(x_i) \quad [\text{bit/Ereignis}] \end{aligned} \quad (2)$$

Die Definition des Informationsgehaltes pro Ereignis ist in der oben stehenden Schreibweise noch völlig abstrakt. Die Wahrscheinlichkeit ist ja eine Größe, die selbst nicht meßbar ist. Man kann sie meßbar machen, indem an ihre Stelle die experimentell ermittelte relative Auftretenshäufigkeit der Ereignisse  $x_i$  gesetzt wird und diese dann als wahrscheinlichste Wahrscheinlichkeit betrachtet wird. Damit bei dieser Substitution keine allzu großen Fehler entstehen, ist Bedingung, daß die Zahl des Auftretens der Ereignisse  $x_i$  sehr groß sei.

Zum zweiten müssen die Ereignisse  $x_i$  selbst definiert werden, damit wir ihre Häufigkeit überhaupt feststellen können. Betrachten wir eine gedruckte Seite eines Buches, so liegt es nahe, die Buchstaben selbst als Ereignis zu wählen. Blättern wir aber im gleichen Buch weiter, dann werden wir bestimmt auch Seiten finden, auf denen nicht nur Buchstaben, sondern auch Bilder auftreten. Die Wahl der Buchstaben als Ereignisse  $x_i$  würde nicht erlauben, informationstheoretische Gedanken auch auf Bilder zu übertragen. Wollen wir sowohl Schrift als auch Bilder erfassen, muß ein anderer Weg beschritten werden. Unter Berücksichtigung des Sehmechanismus kommt man zum Schluß, daß die Farbreize, die von den kleinsten vom Auge noch auflösbaren Flächen des Druckproduktes, bzw. der Vorlage ausgehen, sich als Ereignisse besonders eignen. Wir betrachten somit auch die Buchstaben als aus einzelnen Flächenelementen aufgebaute Bilder. Damit sind allerdings die Ereignisse  $x_i$  noch nicht genügend genau definiert, da der Farbraum unendlich viele Farbreize enthält. Da jedoch auch hinsichtlich der Farbreize das Auge ein beschränktes Auflösungsvermögen hat — d. h. daß die Spitze eines z. B. durch die CIE-Koordinaten  $X$ ,  $Y$  und  $Z$  gegebenen Farbvektors sich innerhalb eines bestimmten Elementes des Farbraumes bewegen kann, ohne daß die Farbempfindung sich ändert — können wir den Farbraum in Elemente gleicher Farbempfindung aufteilen und dann jeden Farbreiz einem solchen Raumelement, das damit zum Ereignis  $x(i)$  wird, zuordnen. Damit wird die Zahl der Ereignisse  $x_i$  endlich, wenn auch immer noch sehr groß. Man schätzt nämlich die Gesamtzahl  $K$  der vom Auge unterscheidbaren Körperfarben auf  $1,5 \cdot 10^5 < K < 7,5 \cdot 10^6$ .

Um den Informationsgehalt eines Bildes oder einer ganzen Druckseite zu berechnen, muß demnach folgendermaßen verfahren werden. Man zerlegt vorerst die betrachtete Bildfläche in Flächenelemente, deren Größe dem Auflösungsvermögen des Auges entsprechen. Anschließend mißt man die von jedem Element ausgehenden Farbreize und ordnet sie jeweils dem empfindungsgleichen Raumelement zu. Man kann dann ohne weiteres die relative Häufigkeit  $p(x_i)$  jedes Farbraumelementes zählen und den Ausdruck  $H(x)$  für den Informationsgehalt pro Farbraumelement bilden. Durch die Zuordnung der Farbreize zu empfindungsgleichen Farbraumelementen sind diese zu den der Definition des Informationsgehaltes entsprechenden Ereignisse  $x_i$  geworden. Die Gesamtzahl ihres Auftretens entspricht der Zahl der Flächenelemente des Bildes, so daß wir den Informationsgehalt pro Farbraumelement dem Informationsgehalt pro Bild-

element gleich setzen können. Durch Multiplikation des Wertes  $H(x)$  mit der Zahl  $n$  der Bildelemente des ganzen Bildes erhält man den Informationsgehalt des Gesamtbildes in »bit«.

Die hier dargelegten Zusammenhänge sollen in drei Beispielen kurz erläutert werden. Wir stellen uns dazu eine bedruckte Fläche vor, die aus hundert vom Auge gerade noch auflösbaren Flächenelementen bestehen möge. Ihre Gesamtgröße beträgt, den normalen Betrachtungsabstand von 25 cm vorausgesetzt, rund 1 mm<sup>2</sup>.

In einem ersten Beispiel stellen wir uns vor, daß von jedem Flächenelement der gleiche Farbreiz ausgeht. Es handelt sich dann offensichtlich um eine ideale Volltonfläche. Wir stellen fest, daß nur ein Ereignis  $x_i$  auftritt, dieses jedoch hundertmal. Seine relative

Häufigkeit ist  $p(x_i) = \frac{100}{100} = 1$ . Setzen wir diesen Wert in die Gleichung für den In-

formationsgehalt pro Bildelement ein, so ergibt sich mit  $\lg 1 = 0$

$$H(x) = - \sum_{i=1}^{100} p(x_i) \cdot \lg p(x_i) = 0$$

Eine ideale Volltonfläche enthält nach unserer Definition demzufolge keine Information. Dieses Ergebnis erscheint durchaus sinnvoll, wenn wir daran denken, daß ein unbedrucktes Papier auch eine Volltonfläche ist, die zum gedruckten Bild keine eigene Information beitragen darf.

Als zweites Beispiel nehmen wir an, daß zwei verschiedene, voneinander unterscheidbare Farbreize auftreten, und zwar alternierend. Wir finden dann für die relative Häu-

figkeit jedes Farbreizes die Zahl  $\frac{50}{100} = 1/2$ . Setzen wir diesen Wert wieder in die

Bestimmungsgleichung für den Informationsgehalt pro Bildelement ein, so ergibt sich

$$\begin{aligned} H(x) &= - \sum_{i=1}^{100} p(x_i) \cdot \lg p(x_i) = 1/2 \lg 1/2 + 1/2 \lg 1/2 \\ &= 1/2 \cdot 1 + 1/2 \cdot 1 = 1 \quad [\text{bit/Bildelement}] \end{aligned}$$

Dieses Ergebnis war eigentlich zu erwarten, da bei jedem Bildelement nur entweder der eine oder aber der andere Farbreiz auftreten kann, also bei jedem Bildelement eine Art Ja-Nein-Entscheidung vorliegt, die die Einheit der Information liefert.

In einem dritten Beispiel stellen wir uns vor, daß von jedem der hundert Bildelemente ein anderer Farbreiz ausgeht. Auch für diesen Fall läßt sich der Informationsgehalt pro

Bildelement leicht rechnen. Die relative Häufigkeit ist  $\frac{1}{100}$ , da jeder Farbreiz nur ein-

mal auftritt. Mit  $\lg \frac{1}{100} = -6,64$  ergibt sich für den Informationsgehalt je Bildelement

$$H = - \sum_{i=1}^{100} p(x_i) \cdot \lg p(x_i) = 100 \cdot \frac{1}{100} \cdot 6,64 = 6,64 \quad [\text{bit/Bildelement}]$$

Wenn wir beliebig weitere Beispiele rechnen würden, ergäbe sich immer ein Informationsgehalt pro Bildelement, der kleiner ist als derjenige des dritten Beispiels, das unter unserer Voraussetzung von 100 Bildelementen den maximalen Informationsgehalt aufweist. Er entsteht, weil von jedem Bildelement ein neues Ereignis  $x_i$  ausgeht, das Bild also die größte Zahl von Details aufweist. Der Informationsgehalt ist demnach auch ein Maß für den Detailreichtum.

Die Bestimmung des Informationsgehaltes eines realen gedruckten Bildes folgt dem Rechenschema der Beispiele, läßt sich jedoch ohne Hilfsmittel nicht mehr durchführen, da die Zahl der Bildelemente sehr groß werden kann (ca. 6.10<sup>5</sup> Bildelemente für das Format DIN A4). Es muß also ein Gerät geschaffen werden, das Element für Element



abtastet, die Farbreize mißt, diese den Farbraumelementen gleicher Empfindlichkeit zuordnet und dann mittels eines elektronischen Rechners den Informationsgehalt bestimmt. Die Entwicklung eines solchen Gerätes ist geplant.

## 5. Bewertung des Druckverfahrens und des Druckproduktes

Verfolgen wir, zurückgreifend auf unsere allerersten Überlegungen, den Informationsfluß durch ein Druckverfahren, dann stellen wir fest, daß an gewissen Stellen Informationsverluste, Äquivokation genannt, auftreten und an anderen Stellen jedoch infolge von Störungen unerwünschte Information, Irrelevanz genannt, eindringt. Summiert man die Informationsverluste einerseits und die Irrelevanzen andererseits, dann lassen sich die Zusammenhänge am einfachsten im Bergerschen Diagramm darstellen (Abbildung 7). Dieses zeigt sofort, daß bei Auftreten von Verlusten und Störungen der Informationsgehalt  $H(y)$  der Reproduktion nicht mehr identisch ist mit dem Informationsgehalt der Vorlage  $H(x)$ . Was unverändert vom Eingang zum Ausgang geht, ist die Transinformation  $R$ . Sie stellt also die relevante Information der Reproduktion dar. Je nach der Güte des Prozesses kann  $H(y) \geq H(x)$  sein. Immer gilt jedoch  $R \leq H(x)$ . Die Informationstheorie ermöglicht nun auch die Berechnung des Informationsverlustes  $H_y(x)$  und der Irrelevanz  $H_x(y)$ , wenn der Informationsgehalt der Vorlage  $H(x)$  und der Informationsgehalt des Druckproduktes  $H(y)$  bekannt sind. Das oben genannte Meßgerät für die Feststellung des Informationsgehaltes ließe sich selbstverständlich so erweitern, daß die notwendigen Rechnungen von ihm selbst unmittelbar nach den Messungen an der Vorlage und an der Reproduktion durchgeführt würden.

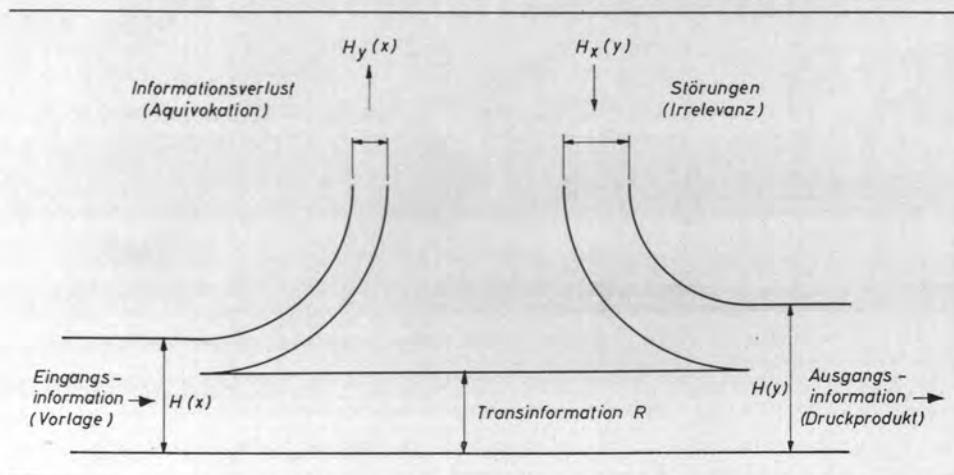


Abbildung 7  
Das Bergersche Diagramm  
des Informationsflusses

Das Bergersche Diagramm gestattet zwar einen Prozeß qualitativ zu beurteilen. Doch wäre es viel eleganter, wenn der Prozeß z. B. mittels eines Gütegrades auch quantitativ gekennzeichnet werden könnte. Dies ist deshalb besonders wichtig, weil die Vorlage diese Größe beeinflusst. Die Informationsverluste sind ja mindestens zum Teil vorlagenbedingt.

Bereits Shannon hat 1949 festgestellt, daß die Definition des Informationsgehaltes bis auf konstante Größen identisch ist mit der Definition der Entropie, wie sie Boltzmann entwickelt hat. Es müssen deshalb thermodynamische Überlegungen auf die informationstheoretischen Prozesse übertragbar sein. Bedient man sich dieser Möglichkeit, so erhält man eine Güteziffer folgender Form:

$$q = \frac{S_0 + R}{S_0 + H(y) + H_y(x)} = \frac{S_0 + R}{S_0 + H(x) + H_x(y)} \quad (3)$$

In dieser Güteziffer tritt eine neue Größe auf, nämlich  $S_0$ . Deren informationstheoretische Bedeutung konnte bis zur Zeit nicht eindeutig geklärt werden. Sie scheint unter der Bedingung  $S_0 > 0$  frei wählbar zu sein. Die Prozeßgüteziffer  $q$  ist eine normierte, dimensionslose Größe, die zwischen dem Wert 0 und dem Wert 1 bei idealen Übertragungsverhältnissen liegt. In diesem letzteren Falle ist  $H(x) = R = H(y)$ . Es treten also weder Informationsverluste noch Störungen auf. Ein Prozeß, der so ideal arbeitet, ergibt zwangsläufig ein Produkt, das mittels keines anderen Prozesses besser hergestellt werden kann. Es ist deshalb naheliegend, den Prozeßgütegrad mit Einschränkungen als Druckgüte des Druckproduktes aufzufassen. Daß diese Druckgüte die Qualität eines Druckproduktes nicht vollständig beschreiben kann, liegt daran, daß in der Shannon'schen Definition des Informationsgehaltes die Ereignisse  $x_i$ , also die Farbreize, selbst nicht vorkommen. Das bedeutet nämlich, daß sonst völlig identische Druckprodukte, die sich voneinander jedoch im Farbton unterscheiden, trotz dieses Unterschiedes den gleichen Gütegrad aufweisen. Dies widerspricht jedoch unserer Empfindung, die Farbtongleichheit als Qualitätsmerkmal auffaßt. Die definierte Güteziffer bezieht sich offensichtlich vorwiegend auf den Vergleich des Detailreichtums von Vorlage und Druckprodukt. Ihre praktische Bedeutung kann erst überprüft und nachgewiesen werden, wenn der Informationsgehalt meßtechnisch erfaßbar wird.

### **Zusammenfassung und Ausblick**

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß die Anwendung der Informationstheorie auf die Drucktechnik vorerst zu einer Systematik der Druckverfahren führt. Die Anwendung des Informationsbegriffes von Shannon führt unter Berücksichtigung des von Boltzmann definierten Entropiebegriffes dann auf eine Prozeßgüteziffer, die mindestens hinsichtlich des Detailreichtums auch zur Beschreibung der Druckgüte benutzt werden kann. Beide Überlegungsrichtungen führen zu einem tieferen Verständnis der Drucktechnik.

Es wird in zukünftigen Untersuchungen notwendig sein, den Übertragungsfunktionen, welche die Kanalelemente kennzeichnen, besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Diese Funktionen sind in praktischen Prozessen nicht mehr eindeutig, da als Folge von Verlusten und Störungen ein vorgegebenes Argument der Funktion, also ein Eingangssignal, nicht mehr zu einem einzigen Funktionswert am Kanalausgang führt, sondern zu einer Verteilung von Zufallswerten, denen eine Verteilfunktion von Wahrscheinlichkeiten entspricht. Deren Kenntnis würde den Weg zur rein rechnerischen Simulation von Druckverfahren eröffnen. Dank der Güteziffer  $q$  wäre dann ein Vergleich der verschiedensten Verfahren möglich. Die systematische Weiterführung der informationstheoretischen Betrachtungsweise würde damit Grundlage für eine gezielte Entwicklung und Optimierung der Druckverfahren.

Sonderdruck aus »Jahrbuch der Papier- und Zellstoffindustrie 1970-71«  
Eduard Roether Verlag Darmstadt